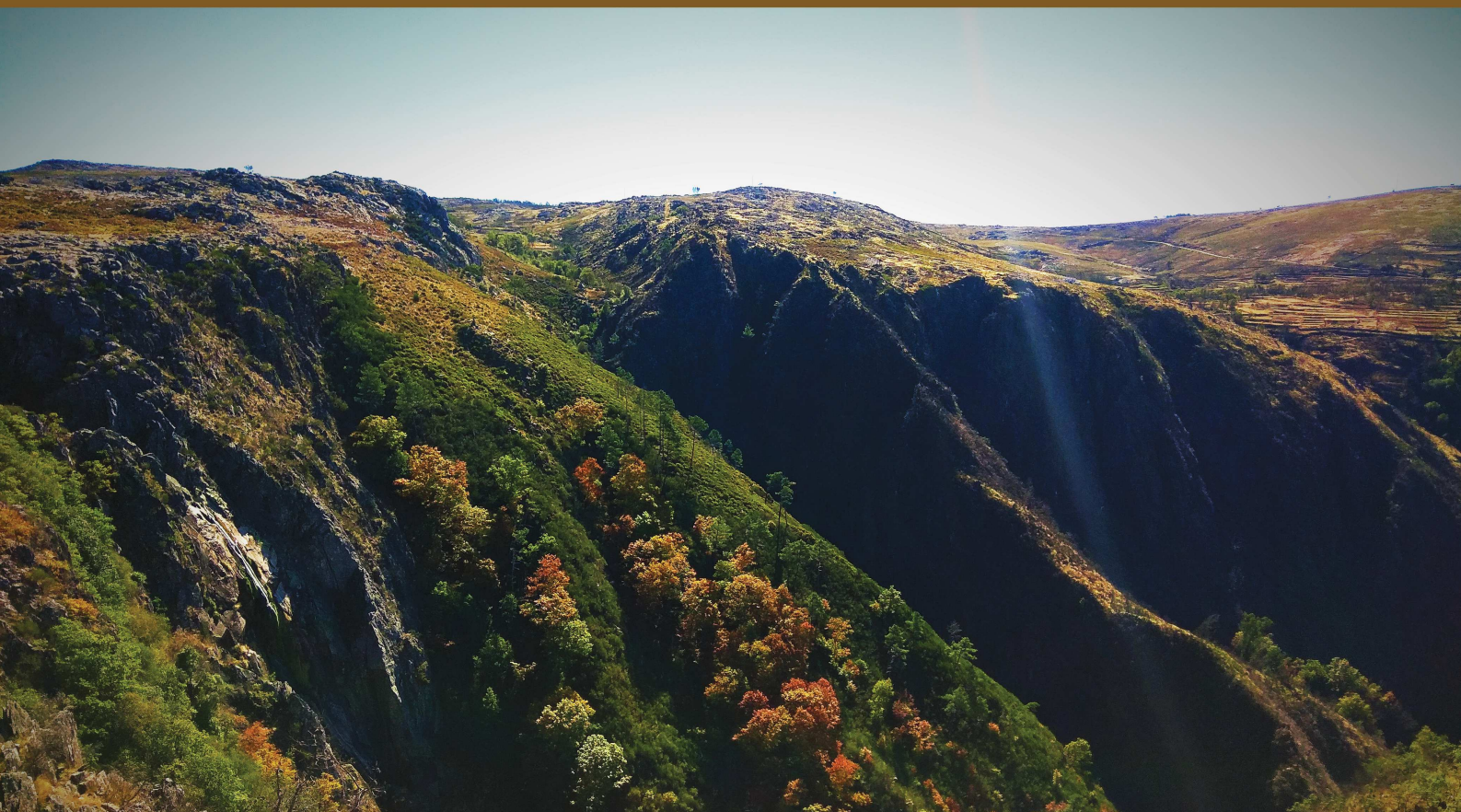


António Alberto Gomes • José Teixeira • Laura Soares



# 8 Congresso Nacional de Geomorfologia

*Geomorfologia 2017*

Livro de Atas

Faculdade de Letras, UP, 2017

## **Associação Portuguesa de Geomorfólogos**

Departamento de Geografia - FLUP, Via Panorâmica, S/N 4150-564 Porto

Email: [apgeom.dir@apgeom.pt](mailto:apgeom.dir@apgeom.pt)

**Título:** 8º Congresso Nacional de Geomorfologia - Geomorfologia 2017

**Editor:** Associação Portuguesa de Geomorfólogos

**Comissão Redactorial:** António Alberto Gomes, José Teixeira e Laura Soares

**Fotografia de Capa:** Frecha da Mizarela e vale do Caima, Arouca (José Teixeira, Outubro de 2017)

**Capa:** Claudia Manuel

**Composição e Edição:** Claudia Manuel, Márcia Martins, Eva Calicis

**ISBN:** 978-989-96462-7-8

**Depósito Legal:**

Porto, Outubro de 2017

## **8º Congresso Nacional de Geomorfologia - Geomorfologia 2017**

### **Comissão Científica:**

Ana Paula Ribeiro Ramos Pereira, Carlos Valdir de Meneses Bateira, Diamantino Manuel Insua Pereira e Lúcio José Sobral da Cunha

### **Comissão Organizadora:**

Alberto Gomes, José Teixeira, Laura Soares, Jorge Trindade, Ricardo Garcia, Luca Dimuccio, Carlos Bateira, Claudia Manuel, Márcia Martins, Marta Araújo, António Silva e Eva Calicis

### **Apoios:**



Centro de Estudos Geográficos  
IGOT - UNIVERSIDADE DE LISBOA



POCI-01-0145-FEDER-006891



Cofinanciado por:



União Europeia  
Fundo Europeu  
de Desenvolvimento Regional



esri Portugal  
THE SCIENCE OF WHERE™

## Variações do nível do mar no continente europeu: dados dos marégrafos e dados de GPS

### Sea level changes at Europe: tide gauge and GPS data

Maria da Assunção Araújo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Porto, Departamento de Geografia, CEGOT, Via Panorâmica s/n, 4150-564 Porto, Portugal

\* asaraujo@letras.up.pt

**Palavras-chave:** Europa, nível do mar, isostasia pós glacial, marégrafos, GPS.  
**Key-words:** Europe, sea level changes, post glacial isostasy, tide gauges, GPS.

### RESUMO

A preocupação com as variações do nível do mar está na ordem do dia. Na verdade a aprovação dos acordos de Paris, no final de 2015, veio reforçar a atualidade ao tema. Esta atualidade viu-se ainda acentuada com a recente decisão do presidente dos Estados Unidos a respeito dos ditos acordos.

Numa época de grande difusão da informação, parece-nos que corremos o risco, como sociedade, de sermos afastados da discussão de temas candentes devido ao seu carácter muito especializado que o torna aparentemente inacessível. Da falta de compreensão da ciência subjacente, ou de uma compreensão demasiado simplista, resulta uma verdadeira ditadura das ideias do *mainstream*, geralmente mal assimiladas e quase nunca discutidas pelo público, que as aceita como verdades inofismáveis.

Parece-nos, por isso, que é útil fazer uma leitura dos dados existentes e publicados, de forma a torná-los compreensíveis por franjas mais largas do público.

A Terra está sempre a evoluir. Não só pela movimentação das placas litosféricas, mas também por profundas variações climáticas que existiram desde sempre. Por isso, para um geólogo ou geomorfólogo é necessário colocar a questão das variações climáticas com o recuo suficiente para se perceber como as variações atuais se enquadram numa história de constante mudança.

Há diversos especialistas habilitados para falar dos diversos tópicos englobados na noção de mudanças globais.

Longe de querermos meter a foice em seara alheia, pretendemos apenas dar uma modesta contribuição para a discussão, falando de um tema que temos explorado nos últimos tempos: as variações do nível do mar.

Quando se discutem as mudanças ditas globais, há sempre um argumento particularmente alarmista que afirma que haverá regiões que podem ser riscadas do mapa devido à subida do nível do mar.

Sabemos que se todos os glaciares da terra fundissem, o nível do mar poderia subir cerca de 80 m. Porém os glaciares em questão, nomeadamente o *inlandsis* da Gronelândia e da Antártida existem há cerca de 35 milhões de anos, desde meados do Cenozóico (Siebert, 2009).

Na verdade, ao contrário da ideia corrente de que estamos num período de aquecimento, a parte final do Cenozóico e o

Quaternário em particular, correspondem a fases de arrefecimento que vão conduzir à criação de extensos mantos de gelo. Estes caracterizam o Quaternário com as suas alternâncias glaciações/periodos interglaciares, particularmente intensas nos últimos 900.000 anos.

Cada um dos períodos glaciares vai corresponder ao aumento da área dos *inlandsis* da Gronelândia e da Antártida e à criação de *inlandsis* nos continentes, nas áreas mais próximas dos polos, bem como de extensos glaciares nas áreas montanhosas.

A formação de *inlandsis* corresponde a um forte aumento da pressão sobre os continentes em que eles se situam: estamos a falar de espessuras que, na atualidade, atingem 3000 m na Gronelândia. É de supor que as de espessuras dos *inlandsis* da Escandinávia ou da América do Norte durante a última glaciação (Würm) não fossem inferiores. Esse fenómeno vai produzir uma subsidência dos continentes afetados, que será máxima nos locais onde a espessura do gelo era maior. A matéria infracrustal, deslocada por esse processo de Isostasia glaciária, seria deslocada para a periferia do *inlandsis* constituindo um reborço levantado: o *forebulge*.

Na fase de deglaciação criava-se um movimento contrário: as antigas áreas glaciadas passam a subir e o *forebulge* sofre subsidência.

Se analisarmos as tendências da variação do nível do mar dadas pelo *Permanent Service for Mean Sea Level* (PSMSL) para toda a Europa, facilmente compreendemos que essa movimentação do lado dos continentes (isostasia pós-glacial) tem uma grande relevância na determinação das tendências das variações relativas ao nível do mar (fig. 1).

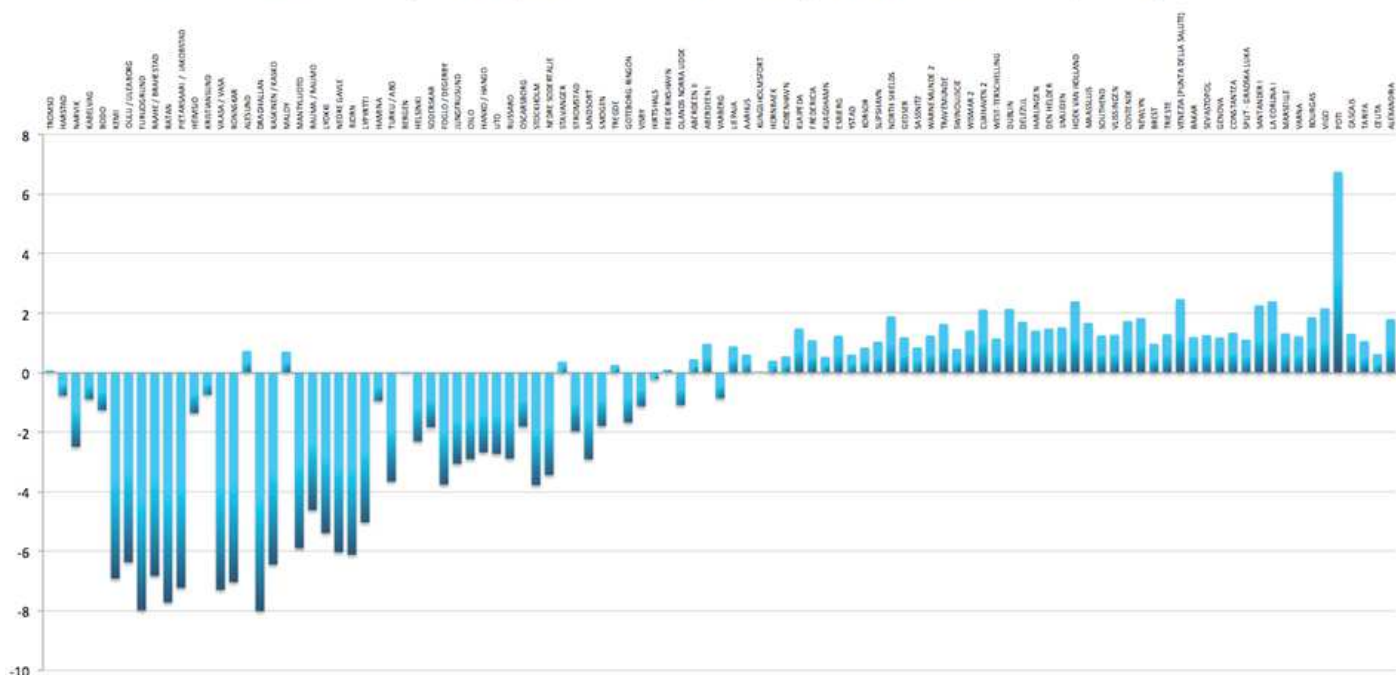
A compensação isostática pós-glacial produz a aparente descida do nível do mar nos marégrafos das latitudes mais altas (acima de 57°N). A latitudes inferiores a 57°N desenvolve-se o *forebulge*, que tem o seu máximo desenvolvimento a cerca de 50°N, com subidas **relativas** do nível do mar que podem ultrapassar os 2mm/ano. Abaixo dos 45°N existe uma área de com uma certa irregularidade nas variações do nível do mar, já que entramos no domínio das cadeias alpinas, onde atuam movimentos tectónicos recentes, deslocando a posição dos marégrafos e, assim, interferindo com as variações **relativas** do nível do mar neles registadas.

Para tentar compreender melhor e quantificar o papel dos movimentos existentes do lado do continente, consultamos o site SONEL (Système de Observation du Niveau des Eaux Littorales) com dados de **GPS** para as estações europeias. A figura 2 representa as velocidades verticais para 88 estações europeias. A figura confirma não só a movimentação isostática pós-glacial (subida na vertical=barras laranja) como o facto de que, no *forebulge* a tendência é, geralmente, para uma descida do continente (barras turquesa). Como é evidente, esta movimentação por parte do continente, vai acentuar a tendência para a subida do nível do mar posterior à pequena idade do gelo e contribuir assim para que muitos dos marégrafos das latitudes médias apresentem valores de subida **relativa** do nível do mar relativamente elevados.

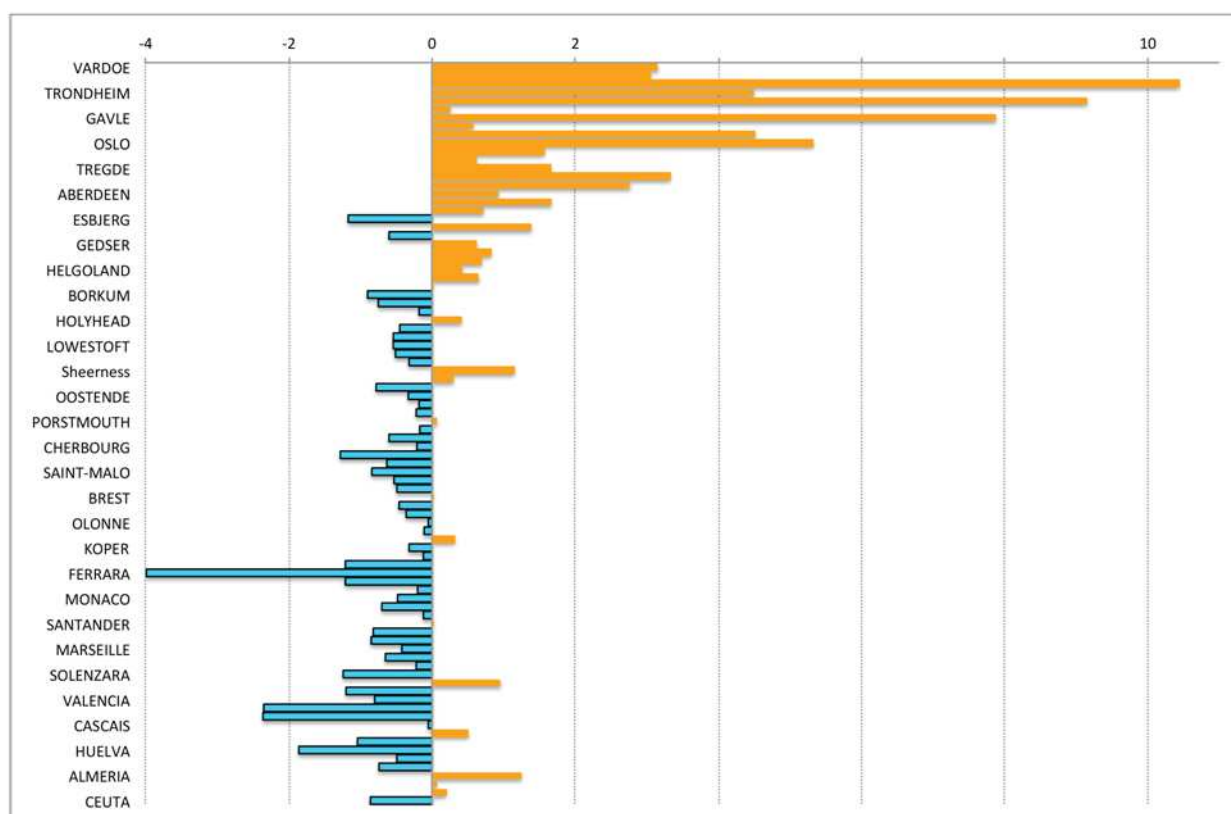
Nas altitudes mais baixas nota-se uma série de irregularidades que só podem ser explicadas a partir de movimentos essencialmente tectónicos, isto é de uma tectónica diferencial. Todavia, aquilo que parece mais evidente é que há um claro predomínio, nas costas europeias abaixo dos 57°N, para uma subsidência das estações litorais, que ultrapassa em muito o que seria de esperar pensando apenas no *forebulge*. Esse facto tenderá a acentuar a subida do nível do mar que acontece devido ao fim da pequena idade do gelo (Mörner, 1973).



# Relative Sea Level: estações europeias com séries $\geq 60$ anos, latitudes decrescentes (PSMSL)



**Figura 1.** Variações relativas do nível do mar (mm/ano): Europa, latitudes decrescentes (75°N a 35° N).



**Figura 2.** Velocidades verticais de GPS: Europa, latitudes decrescentes. Movimentos de subidas a laranja, descidas marcadas a turquesa. Fonte: Site SONEl

Pode concluir-se, assim, que uma parte significativa das variações relativas do nível do mar nas latitudes inferiores a 45°N resultam de movimentos de subsidência dos locais onde se encontram os marégrafos. Como estes movimentos são impossíveis de controlar por parte do Homem, a “batalha contra a subida do nível do mar”, que se pretende fazer através da redução do uso dos combustíveis fósseis, parece ser inglória e de resultados muito discutíveis.

A exploração dos dados existentes no site SONEl permi-

te analisar a combinação das variações relativas do nível do mar com as movimentações verticais de GPS. O resultado é visível na figura 3. Verifica-se que há diversos locais no norte da Europa onde as variações do nível do mar são negativas, devido à já referida recuperação isostática pós-glaciar.

No resto da Europa, as variações absolutas do nível do mar são tendencialmente positivas. Mas são muito raros os locais onde são superiores a 2mm/ano. O caso de Klaipėda (Lituânia), onde os dados de GPS estão longe de ser fiáveis

(fig. 5) e o da Cádiz, onde a distância entre o GPS e o marégrafo ultrapassa os 10km (fig. 7) deveriam ter merecido uma análise mais cuidada antes da sua publicação no mapa da figura 4. Mesmo assim, este mapa que representa a variação **absoluta** do nível do mar não parece ser particularmente preocupante:

com a exceção de Klaipedia e Cádiz, cujos resultados são muito discutíveis, a variação **absoluta** do nível do mar é **quase sempre inferior a 2mm** e apresenta um valor médio de **1,015mm/ano**.

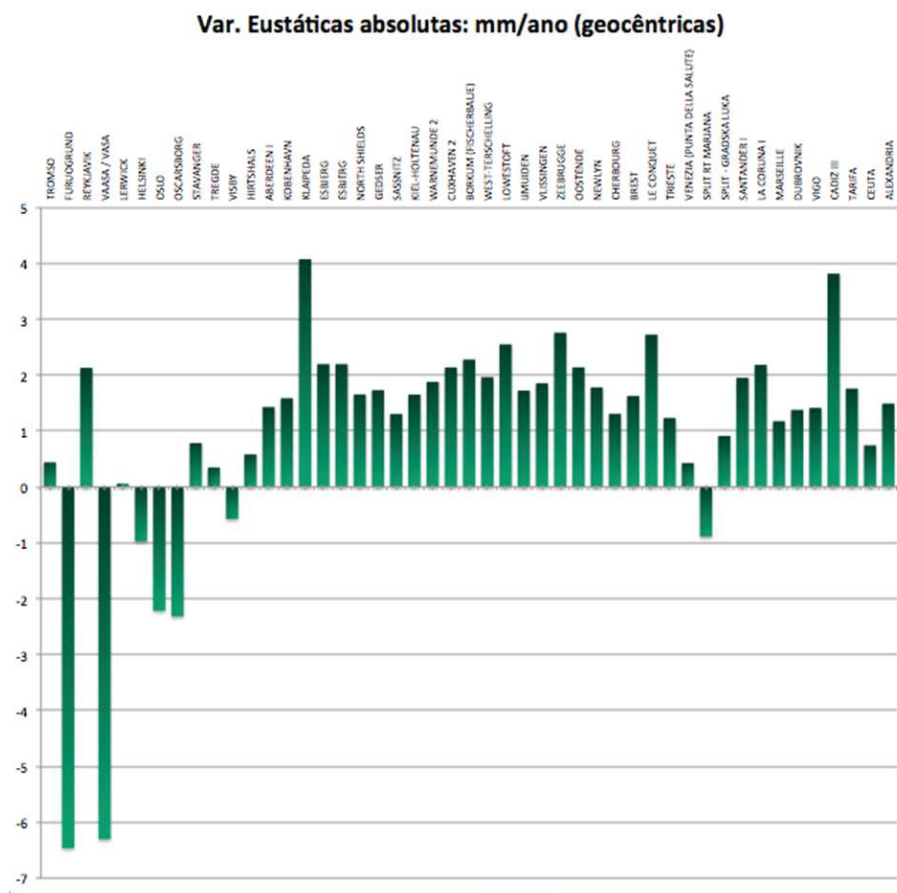


Figura 3. Variações absolutas (geocêntricas) do nível do mar. Notar o caso de Klaipedia e Cádiz.

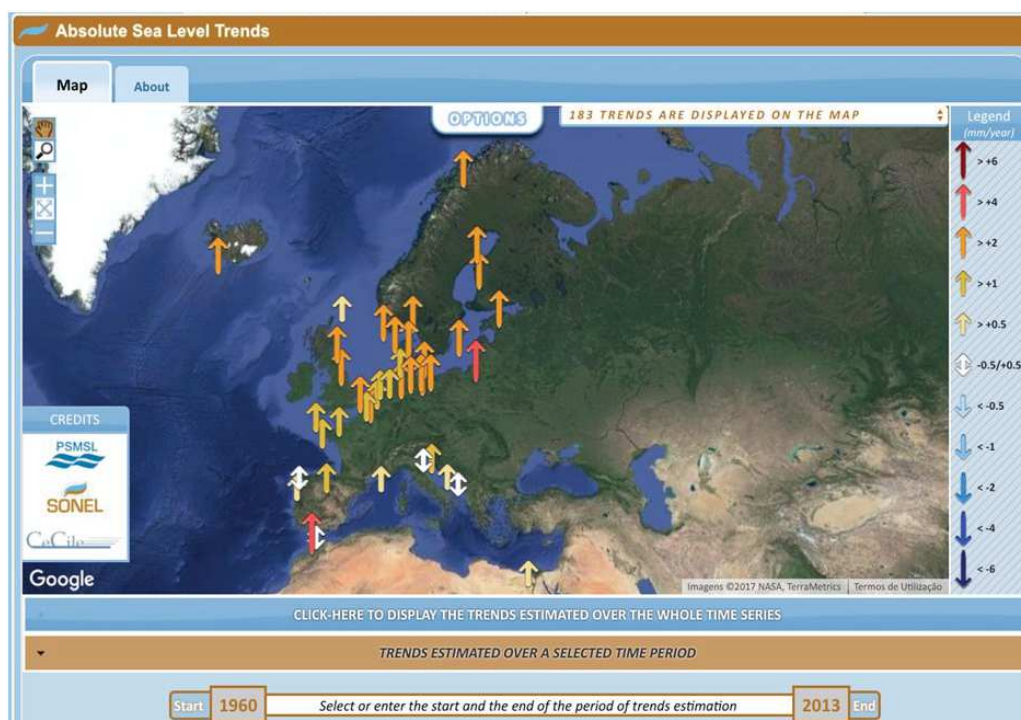


Figura 4. Variação absoluta do nível do mar, de 1960 a 2013. As setas vermelhas representam Klaipedia e Cádiz. Site SONEL.

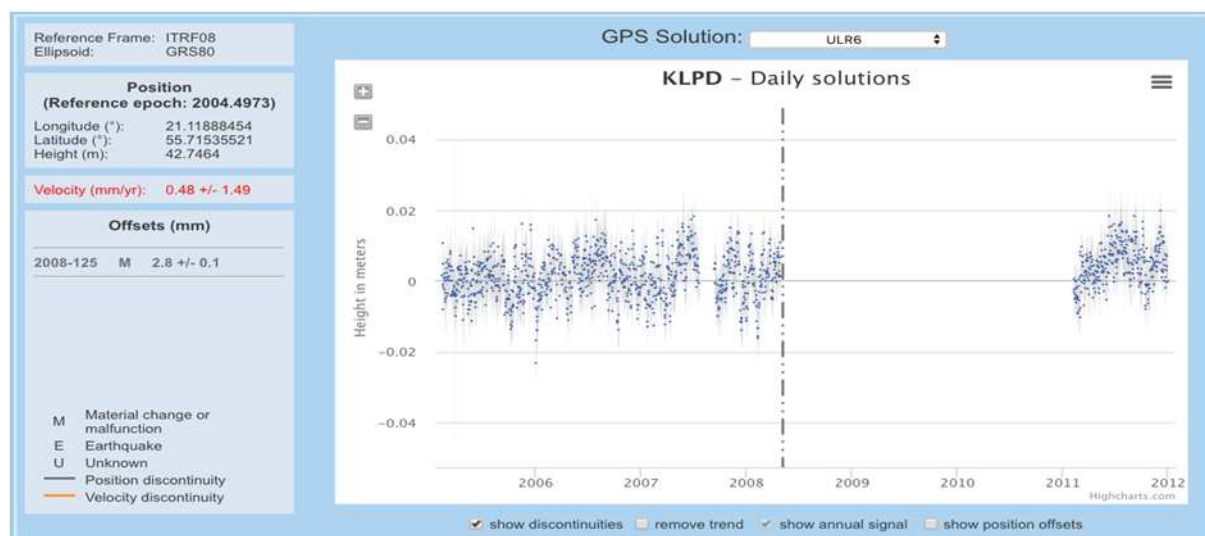


Figura 5. dados de GPS para Klaipedia: site SONEL. Notar a grande incerteza dos resultados (0,48+/-1,49 mm/ano).

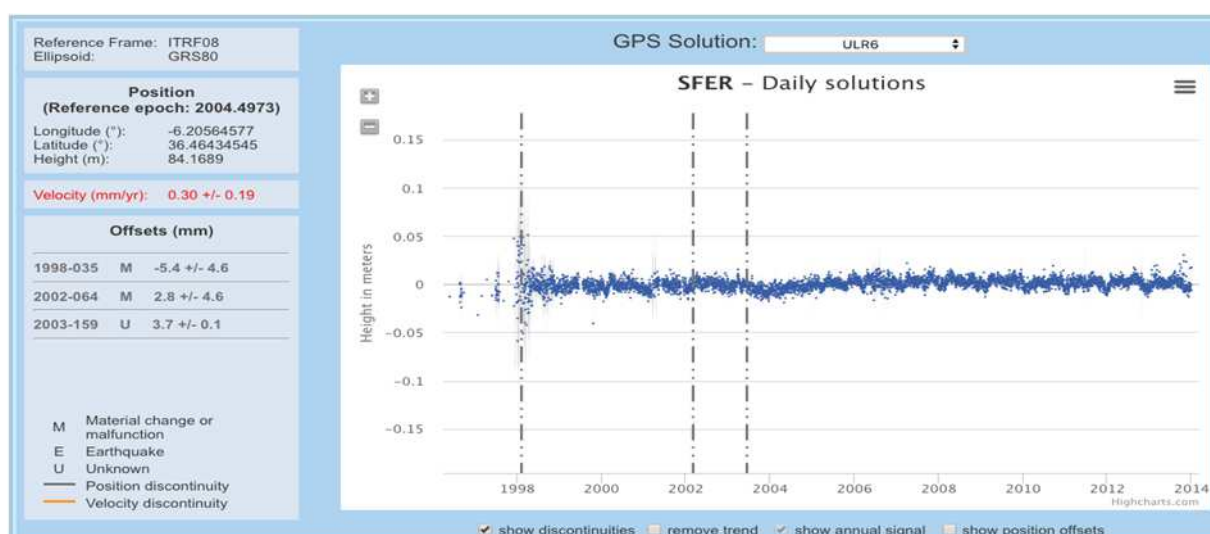


Figura 6. dados de GPS para Cádiz: site SONEL. O GPS denota uma evidente estabilidade.



Figura 7. Localização do marégrafo (círculo azul) e da estação de GPS de Cádiz (quadrado verde). Distância=10311m.

## BIBLIOGRAFIA

- Araújo, M. A. (2016) - Sea level data for the Iberian Peninsula, London: *Climate Change Conference. London.* <https://www.researchgate.net/publication/306013278>, p. 65-68
- Burton, D. (2017) - Average Rate of Sea Level Rise, <http://www.sealevel.info/avgslr.html#conclusion>

- Gómez, Santamaría, Gravelle, M., Collilieux, X., Guichard, M., B. Martín Míguez, P. Tiphaneau, P., Wöppelmann, G., (2012) - Mitigating the effects of vertical land motion in tide gauge records using a state-of-the-art GPS velocity field, *Global and Planetary*